canusa

CONTINUOUS EVALUATION AND REPORTING OF A CHANGING SPRUCE BUDWORM DAMAGE PICTURE IN CANADA

85-0022/

© Minister of Supply and Services Canada 1984

Catalogue No. Fo39-2/2-1984E

ISBN 0-662-13251-3

Additional copies of this publication can be obtained from:

Environment Canada Distribution Centre
151 Jean Proulx Street
Hull, Quebec
K1A 1C7

Cette publication est aussi disponible en français sous le titre *Évaluation continue du tableau changeant des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Canada.*

Front cover: Severely damaged stands

Continuous Evaluation and Reporting of a Changing Spruce Budworm Damage Picture in Canada

by W.L. Sippell

Great Lakes Forest Research Centre
Sault Ste. Marie, Ontario

Spruce Budworm Implementation Plan
Activity A
Working Group A4/A5

Canadian Forestry Service
Environment Canada
1983

ABSTRACT

Damage mapping of defoliation and tree mortality caused by the spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) has been carried out by a federal department in different parts of Canada over almost three-quarters of a century. The resulting cartographic information has become distinctly more reliable and complete, especially since 1947. Beginning in 1980, a Working Group studied and compared the procedures used by the Canadian Forestry Service in different regions of Canada, under Studies A_4 and A_5 of the Spruce Budworm Implementation Plan. Various problems associated with damage mapping have been identified and 16 recommendations are offered for their solution. A rationale, based on demonstrated values, is provided for the continuation and support of damage-mapping in all regions of Canada. Also, new research and experience are called for. Some recommendations are designed to encourage and facilitate inter-regional coordination at the national level; others aim to improve national damage maps through greater compatibility of the respective regional components in terms of interpretation, accuracy and completeness.

RÉSUMÉ

Depuis près de trois quarts de siècle, un ministère fédéral établit, pour diverses régions du Canada, la cartographie de la défoliation et de la mortalité des arbres causées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Les données cartographiques obtenues sont devenues beaucoup plus fiables et complètes, notamment à partir de 1947. En 1980, un groupe de travail a commencé à étudier et à comparer les méthodes utilisées par le Service canadien des forêts dans diverses régions du Canada, dans le cadre des Études A_4 et A_5 du Plan de mise en oeuvre de la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Divers problèmes liés à la cartographie des dommages causés par l'insecte ont été cernés et 16 recommandations ont été présentées à cet effet. On y justifie, à l'aide de données probantes, la nécessité de poursuivre et d'appuyer la cartographie des dommages dans toutes les régions du Canada. En outre, il est proposé de réaliser d'autres recherches et expériences. Certaines des recommandations ont pour objet de favoriser et de faciliter la coordination entre les régions à l'échelle nationale; d'autres visent à améliorer les cartes nationales grâce à une meilleure compatibilité des divers éléments régionaux sur le plan de l'interprétation, de la précision et de l'intégralité des données.

SUMMARY OF RECOMMENDATIONS

1. That annual defoliation and mortality maps associated with spruce budworm infestation continue to be developed for all regions of Canada and that the extension of these maps into the United States be encouraged so that all of North America may eventually be covered.

2. That research be initiated into improving Canadian Forestry Service (CFS) capabilities in the detection and delineation of new infestation.

3. That each year all observers be given the opportunity to "ground-truth" symptoms of spruce budworm infestation and types of damage with which it could be confused throughout the area being mapped.

4. That for consistency in mapping defoliation, observers be instructed and trained to confine their assessments to feeding symptoms of the current year, to keep the moderate and severe damage classes distinct from the light, and when confounding conditions occur, to seek guidance early in the mapping process so that agreement can be reached on procedures.

5. That stress be placed in mortality mapping on the delineation of areas in which associated tree mortality has begun.

6. That relationships between the initiation of mortality and history of infestation be followed and studied regionally to improve our predictive capabilities with respect to impact.

7. That mortality data be compiled in a manner commensurate with that used for provincial inventory systems in the interest of future determination of losses attributable to pests.

8. That within each forest research centre (FRC) a small group consisting of one professional and one or more technicians be assigned to develop expertise in applying remote sensing methods to the detailed measurement of

mortality, and that they make these methods available to forest management and the forest industry in contracting out mortality determinations.

9. That the sketch-mapping of areas with spruce budworm-caused tree mortality be maintained on an annual basis by all FRCs for as long as new areas of mortality appear, and that output be coordinated by the national Forest Insect and Disease Survey (FIDS) office in the form of accurate, updated, and complete national mortality maps.

10. That each FRC in Canada take the initiative every year in coordinating mapping results by the exchange of tentative defoliation and mortality maps with adjacent regions.

11. That each FRC take the initiative in resolving apparent differences in interpretation of damage, both within and between regions, before final maps are published regionally or submitted to CFS headquarters for inclusion in national composites.

12. That future cartographic histories of outbreaks be prepared by the office of the FIDS Director, Ottawa.

13. That each FRC advise the respective provincial authorities on a regional basis, before maps are finalized, of the damage information being reported in protected forests.

14. In CFS regions where provincial departments take responsibility for any of the mapping, that the FRC encourage, at every opportunity, consultation on all aspects of mapping,including the interpretation of results, to enhance the compatibility of mapping results nationally.

15. That all forested areas with damage be sketch-mapped and that the condition of host trees be the sole determinant for designating zones of defoliation and mortality.

16. That expertise in the development of forest damage maps be continued or developed at all FRCs in connection with research, sufficient to maintain national leadership in detecting and reporting damage on a continuous, long-term basis in both crisis and noncrisis periods.

TABLE OF CONTENTS

1. INTRODUCTION 1

2. BACKGROUND 3

2.1 Defoliation Maps 4
2.2 Mortality Maps 6

3. MAPPING METHODOLOGY 9

3.1 Defoliation Maps 11
3.2 Mortality Maps 14

4. PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE AERIAL MAPPING OF DAMAGE AND RECOMMENDATIONS FOR SOLUTION 15

4.1 Problems in Mapping Defoliation 15
4.1.1 The uncertainties of early detection
4.1.2 Conflicting causes of discoloration
4.1.3 Mapping of declining infestation

4.2 Problems in Mapping Mortality 20
4.2.1 Distinguishing dead trees in severely damaged stands
4.2.2 The requirements of forest management and industry
4.2.3 The duration of mortality mapping

4.3 Problems Common to the Mapping of Defoliation and Mortality 24
4.3.1 Matching boundaries of classified damage across jurisdictional borders
4.3.2 Damage mapping in protected forests
4.3.3 Full coordination of mapping results
4.3.4 Damage mapping in forest cover types of low vulnerability
4.3.5 Future responsibilities in mapping damage

5. LITERATURE CITED 29

1. INTRODUCTION

Annual defoliation and mortality[1] maps have provided to date some of the most valuable, meaningful, and understandable information in Canada for forest managers to predict, up to 5 years in advance, tree mortality caused by the spruce bodworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)).

This report, which addresses activities of the Canadian Forestry Service (CFS) associated with annual defoliation and mortality maps in Canada, has developed out of the deliberations and activities of a Spruce Budworm Working Group[2] (WG), which was called for in the FOREST INSECT AND DISEASE SURVEY IMPLEMENTATION PLAN (FIDS IP). The WG also addressed Studies A_4 and A_5 of the SPRUCE BUDWORM IMPLEMENTATION PLAN (SB IP).

The WG consists of at least one representative from each of the five forest research centres (FRC) east of British Columbia, the leader of Activity A of SB IP, various staff members from CFS headquarters, and the author of this report as WG Chairman. Various other workers contributed to a lesser degree.

In the spring of 1980 the WG issued its first report (Sippell 1980),which suggested four minimum annual requirements, by way of surveys in each region of eastern Canada, for the CFS to maintain a national

---

[1] Refers in this report to host tree mortality

[2] Benoit, P., Laurentian Forest Research Centre (LFRC)
Davidson, A.G., CFS headquarters
Howse, G.M., Great Lakes Forest Research Centre (GLFRC)
Kettela, E.G., Maritimes Forest Research Centre (MFRC)
Moody, B.H., Northern Forest Research Centre (NoFRC)
Ostaff,D., MFRC
Ottens, H., CFS headquarters
Raske, A.G., Newfoundland Forest Research Centre (NfldFRC)
Sippell, W.L. GLFRC, chairman
Sterner, T.E., CFS headquarters
Taylor, R.G., CFS headquarters

perspective on the spruce budworm problem in eastern Canada and to ensure a satisfactory milieu for scientific research on the spruce budworm. These surveys have been referred to as MAR surveys and relate to the following topics: MAR 1) the early detection of population surges, MAR 2) infestation forecasts for the ensuing year, MAR 3) annual defoliation damage maps, and MAR 4) annual tree mortality maps. The report was distributed to all CFS establishments with the request that the Committee of Establishment Directors consider the following positions:

a) that FIDS units in each of the four eastern regions of Canada become as fully informed as possible each year of all important spruce budworm-related developments, particularly those relating to information that can be expressed in cartographic forms, and
b) that in instances in which a province discontinues one or more of the four MAR surveys, the research centre assumes leadership in considering alternatives promptly, including, where necessary, all possible sources of funding.

These two positions received the support of the Committee in 1981 with the single qualification that the stated requirements be met "within the limits of available funds." Subsequently, because of the considerable importance which the CFS attached to this area of work, Dr. T.E. Sterner, the national FIDS Director, who was responsible for FIDS IP, and Dr. C.H. Buckner, Canadian Program Leader, CANUSA Spruce Budworms Program, jointly requested a position paper be considered by the WG, describing the state of the art of mapping spruce budworm damage and recommending where the CFS should be headed in these activities. This report is our response to that request.

2. BACKGROUND

The first of three series of annual infestation maps, or cartographic histories as they have come to be called, was prepared by de Gryse (1947), who summarized in map form all reliable observations of infestations and damage to balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) and spruces (*Picea* spp.) made east of Manitoba since 1909. It is probably fair to say that, in contrast with present-day damage maps, which identify precisely the extent of damage, the cartographic history of 1909-1944 identified only general areas affected and the extent of the outbreak was largely unknown. Information describing infestations of spruce budworm gradually improved with the establishment in November, 1934, of a cooperative forest insect survey involving forest industries and government services (Canada Department of Agriculture 1959), the forerunner of the Forest Insect and Disease Survey of Canada (FIDS). The forest industry, for instance, was particularly interested in more complete and reliable information about where and when spruce was being killed. Beginning in the 1940s under the leadership of J.J. de Gryse, R.E. Balch, and M.L. Prebble, initiatives were taken by the then Canada Department of Agriculture to have forest insect surveys cover the total forested area of Canada. By 1947, when reconnaissance aircraft were more widely used, virtually complete and accurate defoliation and mortality maps were being prepared for eastern Canada.

Webb et al. (1961) published a cartographic record of damage and spraying for the Maritime provinces for the years 1949-1959. Later, Brown (1970) compiled the second national cartographic history of spruce budworm infestation in eastern Canada, which covered the period 1909-1966. Brown included the maps of de Gryse, describing those for 1938 to 1947 as being only "reasonably accurate" and those for 1947-1966 as "accurate." The latest cartographic history by Kettela (1983), also an output of the WG, covers the period 1967-1981 and is unquestionably the most accurate and complete series of spruce budworm damage maps

published so far. It is truly a coordinated compendium of maps developed yearly by each of four regional FIDS units in collaboration with their provincial departmental counterparts in forestry.

Originally, defoliation and mortality maps were developed largely for use in information transfer, but their value was soon recognized for characterizing and studying infestation dynamics, including development, spread, and decline. At the regional level, damage maps are of further value. Along with the detailed observations needed for their interpretation, the maps have led to an improved understanding of the biological systems at work and their patterns of interaction. Regional damage maps have evolved into multipurpose documents and have become indispensable for the transfer of information in a holistic and up-to-date manner. Damage maps have also become a prerequisite in developing the rationale for, and in planning, various kinds of management action.

The high value of damage maps is revealed in many ways. Provincial forestry authorities willingly participate and provide aircraft time for the mapping of damage; CFS regional and national offices assign priority to their development; and clients make pressing demands for their prompt issuance and distribution. In addition, they are used for the following purposes:

2.1 DEFOLIATION MAPS

a) to follow and describe the progression of infestation and to compare patterns of change with those of other outbreaks,
b) to aid in developing management strategies and control tactics in harmony with infestation dynamics,
c) to predict the locations and timing of initial host tree mortality,
d) to plan the delineation of hazard zones,

e) to select strategic sites for sampling (egg counts, L_2counts, etc.) to facilitate forecasting infestation levels for the following year.
f) to select areas within which specific sites may be selected for research studies or control trials,
g) to evaluate the effects, both short-and long-term, of extreme weather incidents on the course of an outbreak.

2.2 MORTALITY MAPS

a) to consider and plan salvage opportunities,
b) to justify changes in harvesting schedules to avoid deleterious effects on forestry operations,
c) to provide general guidelines for the calculation of forest depletions,
d) to provide information for updating forest inventories,
e) to provide background information for forest fire management, i.e., taking into account increased fire risk,
f) to plan fire detection and suppression,
g) to transfer information on the impact of outbreaks to forest management, forest industry, and the general public.

The CFS in Canada has traditionally accepted responsibility for initiating and carrying out annual pest damage surveys in close collaboration and cooperation with the provincial forest authority in the region concerned. In all instances, including the exceptional cases in which provincial departments do some of the mapping, the results have been coordinated at the national and international levels through the office of the FIDS Director. Most of the expertise in applying insect survey methodology in Canada lies within the CFS (Sippell 1980), where methods have been developed and long-term continuity has been maintained.

Recommendation no. 1: That annual defoliation and mortality maps associated with spruce budworm infestation continue to be developed for all regions of Canada and that the extension of these maps into the United States be encouraged so that all of North America may eventually be covered.

3. MAPPING METHODOLOGY

The first aerial reconnaissance for observing and recording spruce budworm damage took place in northeastern Ontario in 1920 in a HS2L Curtiss flying boat (Swaine and Craighead 1924). Since then mapping procedures have evolved empirically in Canada, with the benefit of numerous suggestions for improvements made both formally and informally by observers (technicians), their supervisors, and research scientists. Publications on survey methodology such as those by Heller and Schmiege (1962), Beaubien (1975), and Ashley et al. (1976) have been studied carefully, and innovations have been made and evaluated. Evaluations have been shared and considered at national meetings of the Canadian Forest Insect and Disease Survey.

Damage mapping is a kind of pest survey and therefore, traditionally, has been a responsibility of FIDS in Canada. Damage maps represent the output from both ground and aerial surveys which are planned, executed, and interpreted by teams of field technicians according to a set of general instructions.

Damage maps have found their greatest immediate value in the planning of forest protection, a provincial responsibility. Naturally, when detailed information initiated by one agency is vital to another, occasional differences arise about the timing and amount of information obtained, notwithstanding the closeness of collaboration. Declared deficiencies have been remarkably few, however, despite the increasing responsibilities that FRCs have assumed in an effort to keep pace with a burgeoning outbreak and during a time of fiscal restraint. Any differences that have occurred tended to shift responsibilities for damage mapping away from the CFS in the direction of the provincial agency.

A prerequisite for developing a series of meaningful annual defoliation and mortality maps for any region is a crew of trained, experienced, and highly motivated aerial observers. Waters et al. (1958) in studying the aerial appraisal of damage by spruce budworm in Minnesota, stated:

"Two methods, direct aerial observation and airphoto interpretation have been tested and compared. Both are useful, but accuracy depends greatly on the skill and experience of the personnel used."

The Canadian experience has shown that lack of training is the greatest source of possible error and that instruction largely prevents erratic results.

Experience in classifying and mapping forest insect damage in Canada is probably unmatched anywhere else in the world. Each FRC has assembled a crew of aerial observers who have responded to regional requirements as directed by the Head of the FIDS Unit in each region of Canada. Each observer must be sensitive to mapping objectives and ensure that the aircraft provided are used efficiently and exclusively towards the attainment of those objectives. Some form of initial calibration flight each year is desirable to stabilize damage ratings when there is a large number of observers or whenever cooperators are involved.

Methods of sketch-mapping vary according to the intensity of recording as determined by outbreak size and the distribution of infested stands. Consequently, methods differ somewhat between regions as shown by Dorais and Kettela (1982). Sketch-mapping may be done along parallel predetermined east-west flight lines at intervals of from 3 to 8 km or more. These can be extended readily if infestation is more extensive than anticipated. Flight lines may run concentrically away from boundaries of damage of the previous year, or sketch-mapping may be done by drainage basin. Sometimes discrete geographical areas are flown, and in mountainous terrain mapping is done by following contours (Harris and Dawson 1979).

The decision of the observer on timing is critical, if full advantage is to be taken of feeding symptoms, which are temporal and subject to naturally occurring influences. Kettela (1982) claims the following factors influence survey accuracy;

1. timing of surveys
2. duration of survey
3. weather conditions
4. experience and skills of observers
5. training of observers
6. experience of pilots
7. fatigue
8. conditions and type of forest
9. topography
10. infestation makeup
11. efficient coordination and logistics

In recent years, because of the amount of air time contributed to these surveys by the provinces, forest managers have looked to the CFS for increased and more specific entomological data. FRC staffs readily respond to these growing demands for information; however, as forest pest management activities by the provinces have increased, damage mapping has become more extensive and multipurpose. The time has come to spell out the CFS commitment to the preparation and issuance of damage maps (defoliation and mortality), and to recommend the most useful areas of research and problem-solving for the procurement of damage information that is compatible between regions year after year.

3.1 DEFOLIATION MAPS

The annual defoliation map for Canada, the building block of cartographic histories, depicts all areas with active current feeding, i.e., infestation sufficient to cause "noticeable discoloration" on the new shoots of balsam fir or spruce when host trees are viewed from an aircraft. Discoloration is created by the brown color of severed needles and frass which become entangled in the silk spun by budworm larvae surrounding their feeding sites. Generally, discoloration that is visible to an aerial observer represents defoliation levels in excess of 25-35 percent of the foliage of new shoots, a broad level of damage that is referred to as *moderate-to-severe defoliation*. Some regions, or their provincial

counterparts, require that damage be classified in three or more categories. This requirement presents no problem at the national level, providing areas of moderate-to-severe defoliation can be separated out for contribution to the national map. However, use of a light-to-moderate damage class, for example, would be counterproductive because areas of moderate-to-severe defoliation could then no longer be identified.

In general, defoliation maps are considered synonymous with "infestation" maps, and they are in the sense that infestation was sufficient some time during the growing season to cause the feeding damage observed. Heller and Schmiege (1962) concluded from a 2-year study in Minnesota that levels of defoliation can be used as a general index of larval populations. Experience over the longer term, nonetheless, indicates that defoliation maps reveal imprecise information concerning population levels at any particular developmental stage.

There is no suggestion here that classifying forested areas according to degree of defoliation poses no problems. Rather, recognition of imperfections in the use of defoliation maps to portray the dynamics of infestation represents the beginning of understanding of both their limitations and their values.

Beyond the dual task of keeping track of ground location and shading-in interpreted categories of damage on maps, technicians must constantly be alert to the elimination of spurious forms of discoloration, or, what is sometimes more difficult, must deal with a mixture of damage types. Sketch-mapping of defoliation is usually done during July but the actual starting time depends on symptom development. Responsibility for interpreting damage conditions over an extensive area must also be left largely to the observer, because neither supervision nor assistance is available during critical periods when all available technical help is fully utilized. Owing to the transitory nature of defoliation and because aircraft time is limited, defoliation mapping tends to be final and nonrepeatable. Occasionally during times of extreme

Figure 4 Amelia's Right Hand

forest fire emergencies, aircraft procurement is uncertain and flying may be abbreviated or cancelled. The task requires an unusually high level of concentration applied over prolonged periods of flight yet the general time frame over which mapping may be accomplished is limited.

3.2 MORTALITY MAPS

Annual mortality maps are "snapshots" of the extent of mortality in a specific year. The mapping of mortality in stands is more an art than a science because it is based on a variety of subjective criteria, including a) degree of cumulative defoliation evident on different host tree species, b) intensity of top killing, and c) resemblance in color and character to other forest stands known to contain mortality. A variety of other clues to the presence of mortality are also used. Most sketch-mapping of mortality is done in conjunction with defoliation mapping, in part because in areas of infestation, individual dead trees can usually be differentiated from the living by the absence of new shoots and associated feeding discoloration.

From the national perspective, annual mortality maps portray areas of Canada in which tree mortality is occurring. More detailed information pertaining to degrees and rates of mortality as well as the progression of mortality among various component tree species is based on regional needs and priorities, and is therefore regional in scope.

4. PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE AERIAL MAPPING OF DAMAGE AND RECOMMENDATIONS FOR SOLUTION

Regional damage maps have appeared regularly each year with distinct areas of damage depicted in color according to damage class. Maps have also appeared in each annual report of the Forest Insect and Disease Survey, in information reports describing regional pest conditions, and less frequently, as cartographic histories. As a result of this consistent flow of information, it is often erroneously assumed that damage mapping is simple and straightforward and that the maps are near perfect representations of reality. Neither assumption is true yet few problems associated with national damage maps have been adequately addressed. Those related to planning, conduct, and reporting have been dealt with largely at the regional level in collaboration with provincial officials. Regional FIDS groups also continue to emphasize correctness of interpretation and accuracy. Discussed below with recommendations are eleven problems of national implication: three relating to the mapping of defoliation, three associated with the mapping of mortality, and five common to both defoliation and mortality.

4.1 PROBLEMS IN MAPPING DEFOLIATION

The study and application of infestation dynamics in the form of new group control strategies have been described as an urgent need (Fettes and Buckner 1974). Such an approach will require series of improved, coordinated infestation maps covering the full term of each outbreak and the full range of the pest, i.e., from British Columbia to Newfoundland.

4.1.1 THE UNCERTAINTIES OF EARLY DETECTION

When a forest stand becomes infested for the first time, host trees, particularly white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss), appear mainly deep green when viewed from the air owing to the large complement of healthy

old foliage present. Feeding damage in small areas can easily be missed by the inexperienced and, at best, is difficult for the more experienced observers to detect. Between outbreaks, infestation tends to be confined to small areas which appear to remain largely undetected until some form of early warning is provided, such as by ground observation or special sampling.

In parts of eastern Canada where the natural course of the balsam fir/spruce budworm cycle is allowed to proceed uninterrupted, both small and new infestations must be detected before they have a chance to develop and spread. As the monitoring of low populations is improved through the use of sex-attractant traps (Sanders 1978), and as more is learned of the influence and importance of moth flights from active infestations in outbreak development, the value of early detection will gradually become clearer.

Recommendation no. 2: That research be initiated into improving Canadian Forestry Service (CFS) capabilities in the detection and delineation of new infestation.

N.B.: Waters et al. (1958) found that, with conventional large scale aerial photography, light defoliation in the early stages of an outbreak was more difficult to detect on film than by direct observation. So far, satellite imagery has shown little potential for this purpose primarily because the scale is so small.

4.1.2 CONFLICTING CAUSES OF DISCOLORATION

Various agents cause the early summer discoloration of balsam fir and spruces with which spruce budworm feeding damage may readily be confused. Regular observers have experienced problems with (a) frost damage, (b) heavy flowering, (c) the previous year's cones on white spruce, (d) spruce needle rusts (*Chrysomyxa* spp.), and (e) feeding damage by other defoliating insects.

Figure 5 Frost damage

Balsam fir is subject to damage by spring frosts that occur after new foliage has flushed. Cold spring weather with snow and freezing temperatures has caused almost complete destruction of the new shoots (Sippell et al. 1973). Yet, these situations may not be as difficult to deal with as less severe frost damage that occurs in combination with feeding damage and appears in differing proportions according to host tree and elevation (Blais 1981, Howse et al. 1982).

The presence of flowers, cones, and needle rust on host trees during aerial mapping can usually be dealt with by those who have observed conditions beforehand on the ground throughout the area to be mapped. However, when observers are unfamiliar with "ground-truth," or in rare years when flowering and cone production are sporadic, these conditions can create considerable uncertainty and confusion.

Defoliation caused by other insect defoliators does create problems. Observers can identify, from an aircraft, spruce budworm-caused discoloration with which they are familiar on the ground; but when two or more types of feeding damage appear concurrently in various proportions, sketch-mapping can become complicated and arduous. Raske and Clark (1982) provide one example in attributing damage on black spruce (*Picea mariana* (Mill) B.S.P.) in parts of Newfoundland to mixed populations of spruce budworm and spruce coneworm (*Dioryctria reniculelloides* M & M). It is particularly important to know whether other insect species in addition to spruce budworm are present when new defoliation is first detected. One or more lepidopterous defoliators could be involved (Lindquist 1982).

Recommendation no. 3: That each year all observers be given the opportunity to "ground-truth" symptoms of spruce budworm infestation and types of damage with which it could be confused throughout the area being mapped.

4.1.3 MAPPING OF DECLINING INFESTATION

Again, late in the progress of an outbreak when current defoliation overlies a background of gray, feeding damage is more difficult to evaluate. The so-called "gray phase" results from cumulative defoliation when the gray color of balsam bark is more prominent than the green color of foliage. Other factors contribute as well: (a) the presence of dead tops, (b) sporadic and patchy patterns of defoliation during the collapse of infestation, and (c) reduced amounts of new foliage.

It is important to recognize that sketch-mapping problems can be confusing and very difficult for the less experienced observers whereas the more experienced can be relied upon more often to indicate that assistance is required to resolve perplexing problems in interpretation. Furthermore, sketch-mapping of defoliation increases in difficulty with age of infestation, and in older infestations, observers tend to redefine traditionally used categories of damage.

These difficulties must be overcome because the area of defoliation remains one of the best and most reliable quantitative expressions of general infestation change over time (Meating et al. 1982, Lachance and Benoit 1982, Moody et al. 1982).

Recommendation no. 4: That for consistency in mapping defoliation, observers be instructed and trained to confine their assessments to feeding symptoms of the current year, to keep the moderate and severe damage classes distinct from the light, and when confounding conditions occur, to seek guidance in the mapping process so that agreement can be reached on procedures.

4.2 PROBLEMS IN MAPPING MORTALITY

More accurate and complete mapping of mortality would lead to improved forecasting of stand mortality up to 5 years ahead (Goal A, SB IP) and to better advice to industry and provincial agencies on salvage or presalvage opportunities. The most direct method of improvement is through the resolution of known problems.

4.2.1 DISTINGUISHING DEAD TREES IN SEVERELY DAMAGED STANDS

The general color of stands with severe cumulative defoliation has been variously described, e.g., olive gray, then steel gray (Kettela et al. 1977). However, the most difficult problem in the aerial mapping of mortality is differing between living and dead trees in decadent stands. Symptoms of death may be more pronounced in one region of Canada than in another, and some FIDS units appear confident about classifying balsam mortality by quartile classes, i.e., 1-25 percent, 26-50 percent, 51-75 percent and > 76 percent, whereas other units do not. In the latter case, observers are confident about identifying areas aerially in which mortality has begun, but they experience difficulty in estimating with any precision the degree of mortality. To ascertain the degree of mortality (intensity) and change in mortality from one year to the next (mortality rate), they use ground sampling over successive years and at specific locations. Thus, procedures vary from region to region. The data being compiled regionally match closely the information labeled high priority by the forest management authority concerned. The following recommendations are made.

Recommendation no. 5: That stress be placed in mortality mapping on the delineation of areas in which associated tree mortality has begun.

Recommendation no. 6: That relationships between the initiation of mortality and history of infestation be followed and studied regionally to improve our predictive capabilities with respect to impact.

Recommendation no. 7: That mortality data be compiled in a manner commensurate with that used for provincial inventory systems in the interest of future determination of losses attributable to pests.

4.2.2 THE REQUIREMENTS OF FOREST MANAGEMENT AND INDUSTRY

Another problem area relates to the expanding requirements of forest management, the forest industry, and private landowners for managing the impact of infestation in the most intelligent manner possible. For harvesting decisions, detailed information is required on current degrees and rates of mortality. For major outbreaks, the procurement of this kind of information over sizeable areas quickly exceeds the capacity of FIDS. In earlier years, mortality plots were established and the progression of mortality was followed by FRC research teams because reliable quantitative data on impact had not been available previously (e.g., Elliott 1960). In the current outbreak, however, detailed information on mortality in specific management units has generally been obtained by the province or the forest industry requiring it. This has created problems because of inadequate experience and improper interpretation. Opportunities to conserve wood by presalvaging and salvaging stands in which trees could be expected to die or in which mortality has begun have unquestionably been lost. In future, forest management and the forest industry will be required to contract out the evaluation of stand conditions in heavily damaged tracts of forest through some form of remote sensing. But in addition to providing in-depth knowledge of pest conditions locally and nationally, the CFS must provide, on a consulting basis, entomological advice on

interpretation and methodology relating to the measurement of impact areas in which forestry operations take place.

Recommendation no. 8: That within each forest research centre (FRC) a small group consisting of one professional and one or more technicians be assigned to develop expertise in applying remote sensing methods to the detailed measurement of mortality and that they make these methods available to forest management and the forest industry in contracting out mortality determinations.

4.2.3 THE DURATION OF MORTALITY MAPPING

Differences in regional perceptions of when FRCs should discontinue mortality mapping during the decline of an outbreak may create discord in the development of cartographic histories.

Tree mortality attributed directly to activities of the spruce budworm is characterized by severe cumulative defoliation at time of death (e.g., gray and almost needleless balsam fir trees). However, trees that survive the main impact of infestation but succumb years later, bear a complement of foliage which turns brick red in color at death. This second type of mortality is markedly distinct in appearance and pertains more to various other forest pests for which spruce budworm feeding may be a predisposing factor.

Regional requirements for mortality mapping vary, and on occasion may be influenced by the occurrence and perceived importance of entomological emergencies. However, there is a clear national (CFS) responsibility to be met regardless of outside pressures for FRCs to commit resources to help deal with emergency situations.

Recommendations no. 9: That the sketch-mapping of areas with spruce budworm-caused tree mortality be maintained on an annual basis by all FRCs for as long as new areas of mortality occur and that output be coordinated by the national Forest Insect and Disease Survey (FIDS) office in the form of accurate, updated, and complete national mortality maps.

4.3 PROBLEMS COMMON TO THE MAPPING OF DEFOLIATION AND MORTALITY

4.3.1 MATCHING BOUNDARIES OF CLASSIFIED DAMAGE ACROSS JURISDICTIONAL BORDERS

Although damage maps are an imperfect representation of existing conditions, the level of subjectivity seldom becomes as apparent as when observers of regional teams internally compare mapping results to achieve compatibility. Mismatched boundaries seem to be even more commonplace along provincial borders when provincial damage maps are used to produce a national map. Where there are major discrepancies, the border areas about which some uncertainties exist are reflown, usually by the regional supervisors involved, one from each FRC, and ground checks are made as necessary until concensus is reached. In the same way, consultation takes place between FIDS officials in Canada and state or federal officials in border states of the United States (e.g., between New Brunswick and Maine, or Ontario and Minnesota). Despite these arrangements, damage maps can reveal what appear to be discrepancies in interpretation, most of which turn out to be bona fide differences owing to divergent land use patterns on opposite sides of the border. Real differences are usually readily reconciled and modified when responsible persons meet and discuss the problem at the site of deviation.

Recommendation no. 10: That each FRC in Canada take the initiative every year in coordinating mapping results by the exchange of tentative defoliation and mortality maps with adjacent regions.

Recommendation no. 11: That each FRC take the initiative in resolving apparent differences in interpretation of damage, both within and between regions, before final maps are published regionally or submitted to CFS headquarters for inclusion in national composites.

Recommendation no. 12: That future cartographic histories of outbreaks be prepared by the office of the FIDS Director, Ottawa.

4.3.2 DAMAGE MAPPING IN PROTECTED FORESTS

The reporting of defoliation and mortality in treated forests has been considered by some forest management agencies to be prejudicial to the objective evaluation of spraying results.

It is well known that defoliation occurs commonly within treated areas and that, in the longer term, some tree mortality can be expected to be associated with various spray regimes. Therefore, provincial authorities should be advised of the results of surveys well in advance of publication.

Recommendation no. 13: That each FRC advise the respective provincial authorities on a regional basis, before maps are finalized, of the damage information being reported in protected forests.

4.3.3 FULL COORDINATION OF MAPPING RESULTS

The coordination of mapping results has proved difficult when provincial authorities have agreed to take responsibility for the sketch-mapping damage in part of a region. When this occurs, the interpretation of damage categories tends to change in favor of information perceived to be of greatest immediate value to provincial initiatives and needs. These changes may result in real discrepancies along provincial borders, some of which, unfortunately, remain partially unresolved (Sterner and Davidson 1982). Realistically, this trend threatens the development of future damage maps that are consistent between provinces and that enhance the national perspective of providing an updated overview as a basis for conducting meaningful entomological research and applying research results.

Recommendation no. 14: In CFS regions where provincial departments take responsibility for any of the mapping, that the FRC encourage, at every opportunity, consultation on all aspects of mapping, including the interpretation of results, to enhance the compatibility of mapping results nationally.

4.3.4 DAMAGE MAPPING IN FOREST COVER TYPES OF LOW VULNERABILITY

The mapping of damage in cover types with a low component of host trees has been dealt with somewhat differently in various jurisdictions. With the increased but largely unannounced emphasis on early detection, accuracy, and completeness of coverage, the trend in aerial surveys of recent years has been to include in the mapping all forest cover types in which host trees occur — despite wide differences in the degree of vulnerability as described and quantified by Blais and Archambault (1982) — on the basis of merchantable volumes of

hosts, percentages of mature fir, and climate. The greater coverage has contributed and continues to contribute substantially to our understanding of infestation dynamics and impact.

Recommendation no. 15: That all forested areas with damage be sketch-mapped and that the condition of host trees be the sole determinant for designating zones of defoliation and mortality.

4.3.5 FUTURE RESPONSIBILITIES IN MAPPING DAMAGE

Another recognized problem pertains to the future of damage mapping in Canada and begs the following question. What more can be done to ensure that the future production of these important series of annual damage maps is maintained on a continuing basis, even during noncrisis periods when information of much scientific value may be obtained? The answer is contained in the following recommendation.

Recommendation no. 16: That expertise in the development of forest damage maps be continued or developed at all FRCs in connection with research, sufficient to maintain national leadership in detecting and reporting damage on a continuous, long-term basis in both crisis and noncrisis periods.

5. LITERATURE CITED

Ashley, M.D.; Rea, J.; Wright, L. 1976. Spruce budworm damage evaluations using aerial photography. Photogram. Eng. Rem. Sens. 42(10): 1265-1272.

Beaubien, J. 1975. High altitude color I.-R. photographs for evaluating spruce budworm damage in Quebec. Proc. Third Can. Symp. on Remote Sensing, Banff, Alberta.

Blais, J.R. 1981. Effects of late spring frosts in 1980 on spruce budworm and its host trees in the Laurentian Park Region of Quebec. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. CFS Res. Notes 1(3) 16-17.

Blais, J.R.; Archambault, L. 1982. Rating vulnerability of balsam fir to spruce budworm attack in Quebec. Environ. Can., Can. For. Serv., Ste-Foy, P.Q. Inf. Rep. LAU-X-51. 19p.

Brown, C.E. 1970. A cartographic representation of spruce budworm *Choristoneura fumiferana* (Clem.) infestation in eastern Canada, 1906-1966. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. Publ. No. 1263. 4 p.

Canada Department of Agriculture. 1959. The insect survey in 1936. Page 1 *in* Annual Reports of the Forest Insect Survey 1936, 1937 and 1938. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont.

de Gryse, J.J. 1947. Noxious forest insects and their control. Pages 389-400 *in* Canada Yearbook 1947.

Dorais, L.; Kettela, E.G. 1982. A review of entomological survey and assessment techniques used in regional spruce budworm surveys in the assessment of operational spray programs. Eastern Spruce Budworm Council. Minist. Énergie Ressour., Quebec, P.Q. 43 p.

Elliott. K.R. 1960. A history of recent infestations of the spruce budworm in northwestern Ontario and an estimate of resultant timber losses. For. Chron. 36:61-82.

Fettes, J.J.; Buckner, C.H. 1976. Historical sketch of the philosophy of spruce budworm control in Canada. Pages 57-60 *in* Misc. Publ. No. 1327 USDA For. Serv., Washington, D.C.

Harris, J.W.E.; Dawson, A.F. 1979. Evaluation of aerial forest pest damage survey techniques in British Columbia. Environ. Can., Can. For. Serv. Victoria, B.C. Inf. Rep. BC–X–198. 22 p.

Howse, G.M.; Syme, P.D.; Gross, H.L. 1982. Ontario Region. Pages 39-53 *in* Annual Report of the Forest Insect and Disease Survey 1978. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. 40 p.

Heller, R.C.; Schmiege, D.C. 1962. Aerial survey techniques for the spruce budworm in the Lake States. J. For. 30:525-532.

Kettela, E.G. 1982. Results of aerial surveys for current spruce budworm defoliation in New Brunswick and a review of the methodology. Environ. Can., Can. For. Serv., Fredericton, N.B. Tech. Note 66. 8 p.

Kettela, E.G. 1983. Spruce budworm in eastern Canada and Maine, 1967-81, a cartographic history. Environ Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. Inf. Rep. DPC–X–14.

Kettela, E.G.; Easton, R.W.; Craig, M.B.; van Raalte, G.D. 1977. Results of spray operations against spruce budworm in New Brunswick 1977 and a forecast of conditions in the Maritimes for 1978. Environ. Can., Can. For. Serv., Fredericton, N.B. Inf. Rep. M–X–81. 35 p.

Lachance, D.; Benoit, P. 1982. Quebec Region. Pages 29-37 *in* Annual Report of the Forest Insect and Disease Survey, 1978. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. 40 p.

Lindquist, O.H. 1982. Keys to lepidopterous larvae associated with the spruce budworm in northeastern North America. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. 18 p.

Meating, J.; Lawrence, H.D.; Howse, G.M.; Carrow, J.R. 1982. The 1981 spruce budworm situation in Ontario. Environ. Can., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Inf. Rep. O–X–343. 92 p.

Moody, B.H.; Singh, P.; Clark, L.J. 1982. Newfoundland Region. Pages 9-16 *in* Annual Report of the Forest Insect and Disease Survey 1978. Environ. Can., can. For. Serv., Ottawa, Ont. 40 p.

Raske, A.G.; Clark, L.J. 1982. The status of the spruce budworm in Newfoundland in 1980. Environ. Can., Can. For. Serv., St. John's, Nfld. Inf. Rep. N-X-208. 40 p.

Sanders, C.J. 1978. Evaluation of sex attractant traps for monitoring spruce budworm populations. Can. Entomol. 110: 43-50.

Sippell, W.L.; Gross, H.L.; Rose, A.H. 1973. Ontario Region. Pages 54-73 *in* Annual Report of the Forest Insect and Disease Survey, 1972. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont.

Sippell, W.L. 1980. Outline report of the spruce budworm working group, FIDS Implementation Plan and A-4 and A-5 of Spruce Budworm Implementation Plan. Environ. Can., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, Ont. Unpubl. Rep. 15 p.

Sterner, T.E.; Davidson, A.G.; Compilers. 1982. Forest Insect and Disease Survey conditions in Canada, 1981. Environ. Can., Can. For. Serv., Ottawa, Ont. 46 p.

Swaine, J.M.; Craighead, F.C. 1924. Studies on the spruce budworm Part I. Dep. Agric., Ottawa, Ont. Bull. No. 37, New Ser. 91 p.

Waters, W.E.; Heller, R.C.; Bean, J.L. 1958. Aerial appraisal of damage by spruce budworm. J. For. 56: 269-276.

Webb, F.E.; Blais, J.R.; Nash, R.W. 1961. A cartographic history of spruce budworm outbreaks and aerial forest spraying in the Atlantic Region of North America, 1949-1959. Can Entomol. 93:360-379.

Environment Canada Environnement Canada

20283140

C3 JF

canusa

ÉVALUATION CONTINUE DU TABLEAU CHANGEANT DES DOMMAGES CAUSÉS PAR LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE AU CANADA

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984

N° de catalogue Fo39-2/2-1984F
ISBN 0-662-92669-2

D'autres exemplaires de cette publication peuvent être obtenus à l'adresse suivante:

Environnement Canada
Centre de distribution
151, rue Jean-Proulx
Hull (Québec)
K1A 1C7

This publication is also available in English under the title *Continuous Evaluation and Reporting of a Changing Spruce Budworm Damage Picture in Canada*.

Couverture: Peuplements gravement endommagés.

ÉVALUATION CONTINUE DU TABLEAU CHANGEANT DES DOMMAGES CAUSÉS PAR LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE AU CANADA

Par
W.L. Sippell

Centre de recherche forestière des Grands lacs
Sault-Sainte-Marie (Ontario)

Plan de mise en œuvre de la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette
Activité A
Groupe de travail A4/A5

Service canadien des forêts
Environnement Canada
1984

RÉSUMÉ

Depuis près de trois quarts de siècle, un ministère fédéral établit, pour diverses régions du Canada, la cartographie de la défoliation et de la mortalité des arbres causées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]). Les données cartographiques obtenues sont devenues beaucoup plus fiables et complètes, notamment à partir de 1947. En 1980, un groupe de travail a commencé à étudier et à comparer les méthodes utilisées par le Service canadien des forêts dans diverses régions du Canada, dans le cadre des Études A_4 et A_5 du Plan de mise en œuvre de la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Divers problèmes liés à la cartographie des dommages causés par l'insecte ont été cernés et 16 recommandations ont été présentées à cet effet. On y justifie, à l'aide de données probantes, la nécessité de poursuivre et d'appuyer la cartographie des dommages dans toutes les régions du Canada. En outre, il est proposé de réaliser d'autres recherches et expériences. Certaines des recommandations ont pour objet de favoriser et de faciliter la coordination entre les régions à l'échelle nationale; d'autres visent à améliorer les cartes nationales grâce à une meilleure compatibilité des divers éléments régionaux sur le plan de l'interprétation, de la précision et de l'intégralité des données.

ABSTRACT

Damage mapping of defoliation and tree mortality caused by the spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]) has been carried out by a federal department in different parts of Canada over almost three-quarters of a century. The resulting cartographic information has become distinctly more reliable and complete, especially since 1947. Beginning in 1980, a Working Group studied and compared the procedures used by the Canadian Forestry Service in different regions of Canada, under Studies A_4 and A_5 of the Spruce Budworm Implementation Plan. Various problems associated with damage mapping have been identified and 16 recommendations are offered for their solution. A rationale, based on demonstrated values, is provided for the continuation and support of damage-mapping in all regions of Canada. Also, new research and experience are called for. Some recommendations are designed to encourage and facilitate inter-regional coordination at the national level; others aim to improve national damage maps through greater compatibility of the respective regional components in terms of interpretation, accuracy and completeness.

RÉSUMÉ DES RECOMMANDATIONS

1. Que l'on continue d'élaborer des cartes annuelles de défoliation et de mortalité associées aux infestations par la tordeuse des bourgeons de l'épinette pour toutes les régions du Canada et qu'on vise à étendre la couverture de ces cartes aux États-Unis de façon à englober éventuellement toutes les régions de l'Amérique du Nord.

2. Que des recherches soient entreprises en vue d'améliorer les moyens du Service canadien des forêts (SCF) de déceler et de caractériser les nouvelles infestations.

3. Que chaque année tous les observateurs puissent voir sur place les symptômes d'une infestation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et les types de dommages avec lesquels ceux-ci peuvent être confondus dans toute la région cartographiée.

4. Que pour les fins d'uniformité de la cartographie de la défoliation les observateurs, suivant leur formation, limitent leurs évaluations aux symptômes de défoliation de l'année en cours, gardent les catégories de dommages modérés et graves distinctes de la catégorie de défoliation légère et, lorsque des conditions déroutantes se présentent, cherchent de l'aide pour l'établissement des cartes, de telle sorte qu'on puisse s'entendre sur les méthodes à suivre.

5. Qu'on mette l'accent sur les cartes de mortalité pour identifier les zones dans lesquelles la mortalité des arbres a commencé.

6. Que les rapports entre le début de la mortalité et les antécédents de l'infestation soient suivis et étudiés par région pour améliorer nos capacités de prédire les répercussions.

7. Que les données sur la mortalité soient compilées d'une manière compatible avec celle utilisée pour les systèmes provinciaux d'inventaire en vue de déterminer les pertes futures attribuables aux ravageurs.

8. Que dans chaque centre de recherche forestière (CRF) un petit groupe de personnes comprenant un spécialiste et un ou plusieurs techniciens soient désignées pour se spécialiser dans l'application de méthodes de télédétection afin d'obtenir des relevés détaillés de la mortalité et de mettre ces techniques à la disposition des responsables de la gestion forestière et de l'industrie forestière, qui pourraient ensuite donner à contrat les mesures de la mortalité.

9. Que tous les CRF établissent chaque année des cartes préliminaires montrant les zones dans lesquelles la tordeuse des bourgeons de l'épinette détruit des arbres tant et aussi longtemps que de nouvelles zones de mortalité apparaissent, et que les résultats soient coordonnés par le bureau national du Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) pour la publication de cartes nationales de mortalité précises, à jour et complètes.

10. Que chaque CRF au Canada entreprenne chaque année de coordonner les résultats signalés sur des cartes par l'échange de cartes provisoires de défoliation et de mortalité avec les régions adjacentes.

11. Que chaque CRF prenne l'initiative de résoudre les différences apparentes d'interprétation des dommages, tant dans les régions qu'entre les régions, avant que les cartes définitives soient publiées dans les régions ou présentées à l'administration du SCF pour inclusion dans des séries nationales.

12. Que les futures cartes d'historique des épidémies soient préparées par le Bureau du directeur du RIMA à Ottawa.

13. Que chaque CRF transmette aux autorités provinciales de sa province respective, sur une base régionale, des renseignements sur les dommages signalés dans les forêts protégées avant que les cartes définitives soient établies.

14. Dans les régions du SCF où les ministères provinciaux sont responsables de toutes les cartes, que le CRF favorise chaque fois que cela est possible les consultations touchant à tous les aspects de la cartographie, y compris l'interprétation des résultats, afin d'améliorer la compatibilité des cartes de résultats à l'échelle nationale.

15. Que toutes les régions boisées dans lesquelles on observe des dommages soient cartographiées et que l'état des arbres hôtes soit le seul critère pour désigner les zones de défoliation et de mortalité.

16. Que des compétences pour le dressage des cartes de dommages forestiers soient maintenues ou développées dans tous les CRF, en tenant compte des recherches permettant le maintien d'un leadership national en matière de dépistage et de déclaration des dommages sur une base continue et à long terme, tant en période de crise qu'en période d'accalmie.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 1

2. GÉNÉRALITÉS 4

2.1 Cartes de défoliation 6
2.2 Cartes de mortalité 6

3. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE 10

3.1 Cartes de défoliation 13
3.2 Cartes de mortalité 16

4. PROBLÈMES ASSOCIÉS À LA CARTOGRAPHIE AÉRIENNE DES DOMMAGES ET RECOMMANDATIONS 17

4.1 Problèmes en rapport avec les cartes de défoliation 17
4.1.1 Les incertitudes d'un dépistage précoce
4.1.2 Causes contradictoires de décoloration
4.1.3 Cartographie d'une infestation en déclin

4.2 Problèmes en rapport avec les cartes de mortalité 22
4.2.1 Identification des arbres morts dans des peuplements gravement endommagés
4.2.2 Exigences de la gestion forestière et de l'industrie forestière
4.2.3 Durée de l'établissement des cartes de mortalité

4.3 Problèmes communs aux cartes de défoliation et de mortalité 28
4.3.1 Zones limitrophes compatibles de dommages classés de chaque côté de limites de juridiction
4.3.2 Cartes de dommages dans les forêts protégées
4.3.3 Coordination des résultats de la cartographie
4.3.4 Cartes des dommages dans les types de couvert forestier à faible vulnérabilité
4.3.5 Responsabilités futures pour la cartographie des dommages

5. BIBLIOGRAPHIE 33

1. INTRODUCTION

Au Canada, les cartes annuelles[1] de défoliation et de mortalité ont fourni jusqu'à maintenant aux forestiers un certain nombre de renseignements très utiles et fort compréhensibles leur permettant de prédire jusqu'à cinq ans à l'avance la mortalité des arbres causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]).

Le présent rapport, qui porte sur les activités du SCF associées à l'établissement des cartes annuelles de défoliation et de mortalité au Canada, a été rédigé suite aux délibérations et activités d'un Groupe de travail sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette[2] dont la formation a été exigée dans le cadre du PLAN DE MISE EN OEUVRE DU RIMA (PMO RIMA). Le groupe de travail a également abordé les études A_4 et A_5 du PLAN DE MISE EN OEUVRE DE LA LUTTE CONTRE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE (PMO LCTBE).

Ce groupe de travail est composé d'au moins un représentant de chacun des cinq CRF situés à l'est de la Colombie-Britannique, du directeur de l'activité A du PMO LCTBE, de plusieurs membres de l'administration centrale des centres de recherche forestière ainsi que de l'auteur du présent rapport qui exerce les fonctions de président du groupe de travail. D'autres personnes ont également collaboré à ce travail.

---

[1] Désignée dans le présent rapport comme étant la mortalité de l'arbre hôte.

[2] Benoit, P., Centre de recherche forestière des Laurentides (CRFL)
Davidson, A.G., Administration centrale du SCF
Howse, G.M., Centre de recherche forestière des Grands lacs (CRFGL)
Kettela, E.G., Centre de recherche forestière des Maritimes (CRFM)
Moody, B.H., Centre de recherche forestière du Nord (CRFN)
Ostaff, D., CRFM
Ottens, H., Administration centrale du SCF
Raske, A.G., Centre de recherche forestière de Terre-Neuve (CRFT-N)
Sippell, W.L., CRFGL, président
Sterner, T.E., Administration centrale du SCF
Taylor, R.G., Administration centrale du SCF

Au printemps de 1980, le groupe de travail a remis son premier rapport (Sippell, 1980), dans lequel l'auteur propose un minimum de quatre exigences annuelles, sous forme d'inventaires effectués dans chaque région de l'est du Canada, pour que le SCF maintienne une perspective nationale sur le problème de la tordeuse dans l'est du Canada et veille à ce qu'il y ait un milieu propice aux recherches scientifiques sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Ces inventaires ont été désignés sous le nom d'« inventaires MAR » et portent sur les sujets suivants: MAR 1) dépistage précoce des mouvements de populations, MAR 2) prévisions des infestations pour l'année qui suit, MAR 3) cartes annuelles de défoliation et MAR 4) cartes annuelles de mortalité des arbres. Le rapport a été envoyé à tous les établissements du SCF, accompagné d'une note qui invite le comité des directeurs d'établissement à considérer les propositions suivantes:

a) que les unités du RIMA dans chacune des quatre régions de l'est du Canada soient le plus renseignées possible chaque année sur tous les phénomènes importants liés à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en particulier sur ceux relatifs aux données qui peuvent s'exprimer sous forme de cartes, et
b) que, dans les cas où une province met fin à un ou plusieurs inventaires MAR, le CRF en prenne la direction en étudiant rapidement des solutions de rechange, y compris, le cas échéant, toutes les sources possibles de financement.

Le comité a appuyé ces deux positions en 1981 sous la seule réserve que les exigences formulées soient satisfaites « dans les limites des subventions disponibles ».

Par la suite, à cause de l'importance considérable que le SCF a accordée à ce domaine, T.E. Sterner, directeur national du RIMA et responsable du PMO RIMA, et C.H. Buckner, chef du Programme canadien, programme CANUSA de lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, ont demandé conjointement que le groupe de

travail envisage la rédaction d'un exposé de principe décrivant l'état des connaissances sur la cartographie des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et formulent des recommandations sur les orientations du SCF dans ces activités. Le présent rapport a été rédigé en réponse à cette demande.

2. GÉNÉRALITÉS

La première de trois séries de cartes annuelles d'infestation, ou cartes d'historique comme on les appelle, a été préparée par de Gryse (1947) qui a résumé sous forme de cartes toutes les observations sérieuses sur les infestations touchant le sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) et l'épinette (*Picea* spp.) et les dommages causés à ces arbres depuis 1909 dans les régions situées à l'est du Manitoba. Il est probablement juste de dire que, par rapport aux cartes actuelles des dommages qui montrent avec précision l'étendue de ceux-ci, les cartes d'historique de 1909 à 1944 ne montraient que les zones générales atteintes et l'ampleur de l'épidémie était en grande partie inconnue. Petit à petit les renseignements décrivant les infestations par la tordeuse se sont améliorés grâce à la création en novembre 1934 d'un programme de relevé des insectes des arbres, effectué en collaboration avec les industries forestières et les services gouvernementaux (ministère canadien de l'Agriculture, 1959), précurseur du RIMA. Par exemple, l'industrie forestière était particulièrement intéressée à obtenir des renseignements plus complets et plus fiables sur où et quand la tordeuse a été détruite. Commençant dans les années 40, sous la direction de J.J. de Gryse, R.E. Balch et M.L. Prebble, des initiatives ont été prises par le ministère de l'Agriculture de l'époque pour que les relevés des insectes des arbres couvrent toute la superficie boisée du Canada. Avant la fin de 1947, lorsque l'utilisation d'aéronefs de reconnaissance est devenue plus courante, des cartes de défoliation et de mortalité précises et presque complètes ont été dressées pour l'est du Canada.

Webb *et al.* (1961) ont publié un relevé cartographique des dommages et des pulvérisations pour les provinces Maritimes pour la période de 1949 à 1959. Plus tard, Brown (1970) a compilé la deuxième série nationale de cartes d'historique d'infestation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est du Canada couvrant la période de 1909 à 1966. Brown a inclus les cartes de de Gryse, décrivant celles de 1938 à 1947 comme n'étant que « modérément précises » et celles de 1947 à

1966 comme « précises ». La série la plus récente de cartes d'historique de Kettela (1983), réalisation également du groupe de travail, couvre la période de 1967 à 1981 et est sans aucun doute la série la plus précise et la plus complète de cartes des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette publiée jusqu'à maintenant. Il s'agit vraiment d'un compendium coordonné des cartes dressées chaque année par chacun des quatre centres régionaux du RIMA en collaboration avec leurs homologues provinciaux en foresterie.

Au départ, les cartes de défoliation et de mortalité ont été dressées surtout pour la transmission de renseignements, mais on s'est vite rendu compte de leur valeur pour caractériser et étudier la dynamique des infestations, y compris le développement, l'étendue et le déclin. Au niveau régional, les cartes de dommages ont une autre valeur. Avec les observations détaillées nécessaires à leur interprétation, les cartes ont permis de mieux comprendre les systèmes biologiques en jeu et leurs modes d'interaction. Les cartes régionales de dommages sont devenues des documents polyvalents et des instruments indispensables à la transmission globale et moderne de renseignements. Les cartes de dommages sont également devenues des instruments de base pour élaborer les justifications des différentes sortes de mesures de gestion et leur planification.

La grande valeur des cartes de dommages se manifeste de différentes façons: les autorités forestières provinciales participent volontiers à leur établissement et défraient les heures de vol nécessaires pour la cartographie des dommages, les bureaux régionaux et nationaux du SCF attribuent des priorités à leur élaboration et les clients les pressent de les émettre et de les distribuer rapidement. De plus, les cartes ont été utilisées dans les buts suivants:

2.1 CARTES DE DÉFOLIATION

a) suivre et décrire l'évolution de l'infestation et comparer les modes de changement avec ceux d'autres épidémies,
b) aider à élaborer des stratégies de gestion et des tactiques de lutte adaptées à la dynamique des infestations,
c) prédire les lieux et le moment des cas de mortalité des arbres hôtes initiaux,
d) planifier l'établissement des zones de danger,
e) choisir des emplacements stratégiques pour l'échantillonnage (numération des oeufs, numération du stade L_2, etc.) afin de faciliter la prévision des taux d'infestation pour l'année suivante,
f) choisir des zones au sein desquelles des emplacements particuliers peuvent être choisis pour des recherches ou des essais témoins,
g) évaluer les effets, tant à court terme qu'à long terme, des conditions climatiques extrêmes sur le déroulement d'une épidémie.

2.2 CARTES DE MORTALITÉ

a) considérer et planifier des programmes de coupes de récupération,
b) justifier des modifications des calendriers de récolte pour éviter des effets délétères sur les activités forestières,
c) préparer des lignes directrices générales pour prévoir l'épuisement des forêts,
d) obtenir des renseignements pour mettre à jour les inventaires des forêts,
e) fournir des renseignements généraux pour la gestion des incendies de forêt, c'est-à-dire tenir compte du risque accru d'incendie,
f) planifier des mesures de détection des incendies et de leur suppression,

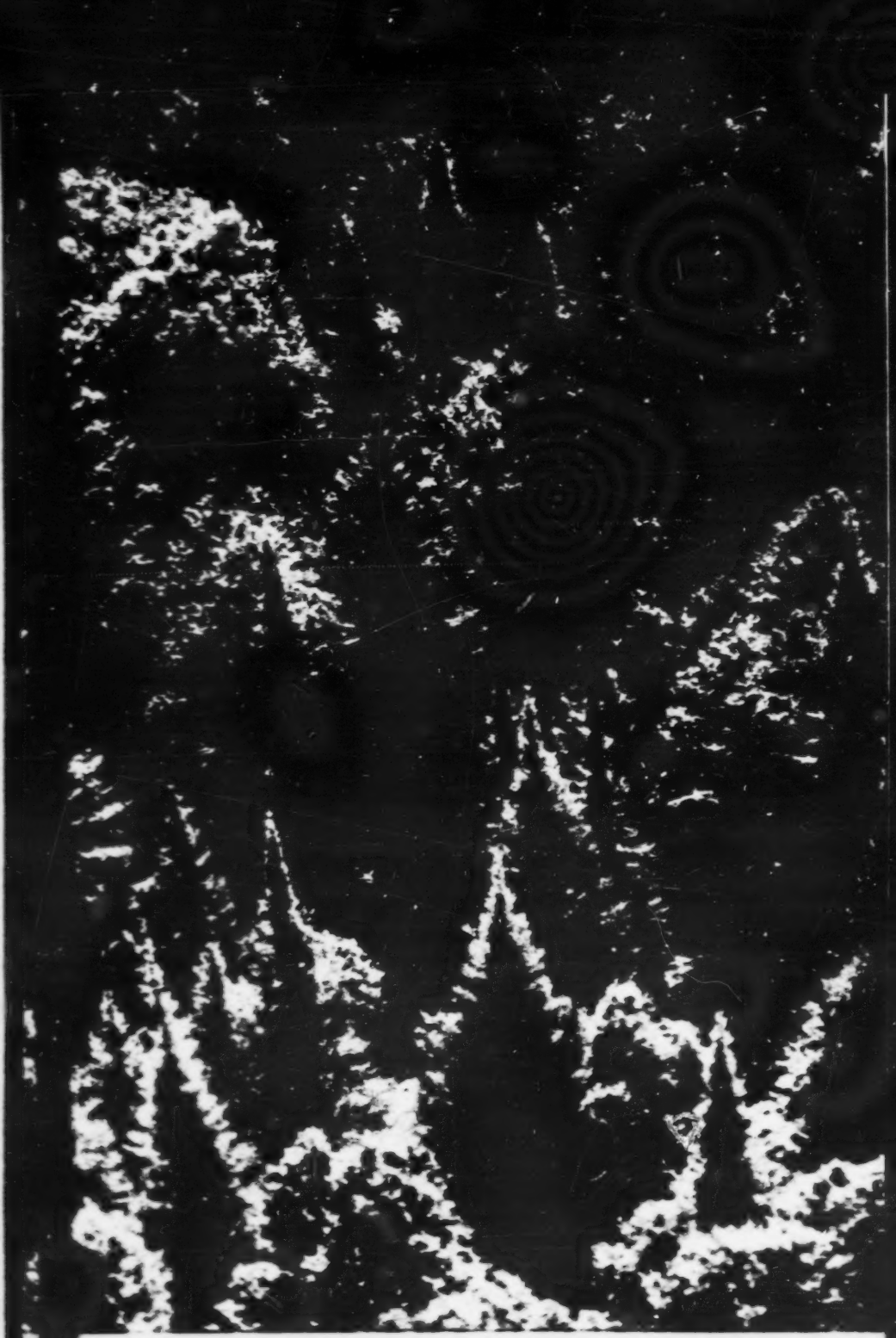

Figure 2. Dégâts graves courants causés par l'insecte.

g) transmettre des informations sur les répercussions des épidémies aux exploitants forestiers, à l'industrie forestière et au public en général.

Au Canada, le SCF s'est toujours chargé des inventaires annuels des dommages causés par les insectes ravageurs en collaboration étroite avec les autorités forestières provinciales dans la région concernée. Dans tous les cas, y compris les cas exceptionnels où les ministères provinciaux effectuent une partie de la cartographie, les résultats ont été coordonnés au niveau national et international par le Bureau du directeur du RIMA. Au Canada, c'est le SCF (Sippell, 1980), où des méthodes ont été élaborées et une continuité à long terme est maintenue, qui dispose du plus grand nombre de spécialistes capables d'appliquer les méthodes de relevé des insectes.

Recommandation n° 1: Que l'on continue d'élaborer des cartes annuelles de défoliation et de mortalité associées aux infestations par la tordeuse des bourgeons de l'épinette pour toutes les régions du Canada et qu'on vise à étendre la couverture de ces cartes aux États-Unis de façon à englober éventuellement toutes les régions de l'Amérique du Nord.

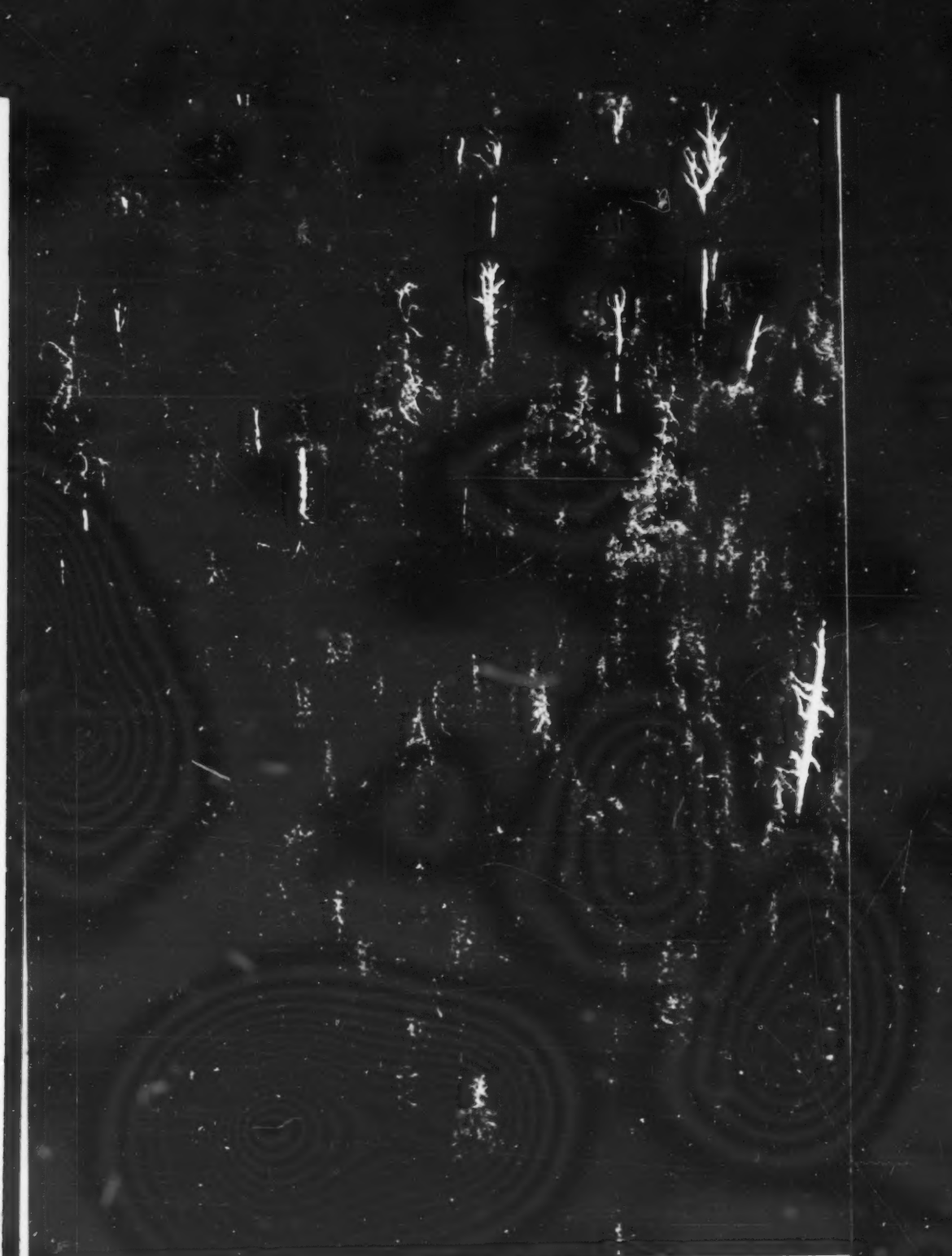

Figure 3. Mortalité du sapin baumier.

3. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE

Le premier vol de reconnaissance aérienne d'observation et d'enregistrement des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette a été effectué en 1920 dans le nord-est de l'Ontario à bord d'un hydravion HS2L Curtiss (Swaine et Craighead, 1924). Au Canada, les techniques de cartographie se sont développées depuis de façon empirique grâce aux nombreuses améliorations proposées de façon tant officielle qu'officieuse par des observateurs (techniciens), leurs surveillants et des chercheurs. Les documents de Heller et Schmiege (1962), de Beaubien (1975) et d'Ashley *et al.* (1976) sur les méthodes d'inventaire ont été étudiés attentivement, et des innovations ont été apportées et évaluées. Les résultats des évaluations ont été partagés et examinés lors de réunions nationales des membres de l'équipe du RIMA.

Les cartes des dommages sont une forme d'inventaire des ravageurs et, au Canada, elles relèvent donc, par tradition, du RIMA. Ces cartes représentent les résultats des inventaires terrestres et aériens planifiés, exécutés et interprétés par des équipes de techniciens oeuvrant sur le terrain selon un ensemble de directives générales.

Les cartes des dommages ont eu leur plus grande valeur immédiate au niveau de la planification de la protection de la forêt, responsabilité relevant des provinces. Naturellement, lorsque des renseignements détaillés obtenus par un organisme sont essentiels à un autre organisme, il arrive parfois qu'il y ait, en dépit de l'étroite collaboration, des divergences quant au moment de leur obtention et à la quantité des renseignements obtenus. Toutefois, il y a très peu de problèmes déclarés malgré le nombre accru des responsabilités assumées par les CRF en vue de maîtriser une épidémie naissante et en période de restriction financière. La tendance de tous les cas de différends signalés favorisait la transmission des responsabilités de la cartographie des dommages du SCF aux organismes provinciaux.

L'établissement d'un ensemble de cartes annuelles utiles de défoliation et de mortalité pour toute région exige au départ une équipe d'observateurs aériens compétents, expérimentés et très motivés. Waters *et al.* (1958), lors de l'étude de l'évaluation aérienne des dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Minnesota, ont affirmé que:

« Deux méthodes, l'observation aérienne directe et l'interprétation des photos aériennes, ont été mises à l'épreuve et comparées. Les deux se sont révélées utiles, mais la précision dépend beaucoup de l'habileté et de l'expérience du personnel. »

D'après l'expérience canadienne, le manque de formation est la plus grande source d'erreur possible et, par contre, la formation est la meilleure assurance contre les résultats erronés.

Au Canada, l'expérience en matière de classification et de cartographie des dommages causés par les insectes des forêts n'a probablement pas d'égale ailleurs au monde. Chaque CRF a réuni une équipe d'observateurs aériens qui répondaient aux exigences régionales formulées par le directeur de chaque unité régionale du RIMA au Canada. Chaque observateur doit être sensible aux objectifs de la cartographie et veiller à ce que l'aéronef fourni soit utilisé efficacement et exclusivement en vue d'atteindre ces objectifs. Il est souhaitable d'effectuer chaque année une sorte de vol initial d'étalonnage pour normaliser les évaluations des dommages lorsque les observateurs sont nombreux ou chaque fois qu'il faut demander l'aide de collaborateurs.

Les méthodes d'établissement de cartes préliminaires varient selon l'intensité des activités d'enregistrement établie en fonction de l'ampleur de l'épidémie et de la distribution des peuplements infestés. Par conséquent, les méthodes diffèrent quelque peu selon les régions, comme l'ont montré Dorais et Kettela (1982). Les cartes préliminaires peuvent être établies suivant des lignes de vol est-ouest parallèles établies à l'avance et espacées

de 3 à 8 km ou plus. Celles-ci peuvent être élargies rapidement si l'infestation est plus étendue que prévue. Les lignes de vol peuvent être disposées concentriquement à partir des limites de la zone de dommages de l'année précédente, ou les cartes préliminaires peuvent être dressées par bassin hydrographique. Il arrive parfois qu'on survole des zones géographiques précises et, en terrain montagneux, la cartographie est effectuée en suivant les contours (Harris et Dawson, 1979).

La décision de l'observateur en ce qui concerne le choix du moment est critique si l'on veut tirer parti des symptômes de défoliation qui varient en fonction du temps et sont sujets à des influences naturelles. Selon Kettela (1982), les facteurs qui suivent agissent sur la précision du relevé:

1. moment des relevés
2. durée du relevé
3. conditions climatiques
4. expérience et aptitudes des observateurs
5. formation des observateurs
6. expérience des pilotes
7. fatigue
8. conditions et genre de forêt
9. topographie
10. caractère de l'infestation
11. coordination efficace et logistique

Dernièrement, à cause du nombre d'heures de vol consacrées à ces relevés par les provinces, les exploitants forestiers se sont tournés vers le SCF pour obtenir des données entomologiques plus nombreuses et plus précises. Le personnel des CRF a répondu rapidement à ces demandes de renseignements de plus en plus nombreuses; toutefois, étant donné que les activités de lutte antiparasitaire entreprises par les provinces se sont accrues, les cartes des dommages sont devenues plus poussées et polyvalentes. Il est temps de définir l'engagement du SCF au niveau de la préparation et de la publication des cartes de dommages (défoliation et mortalité), et de recommander les

domaines de recherche et de solution de problèmes les plus utiles pour obtenir des informations sur les dommages qui soient compatibles entre les régions d'une année à l'autre.

3.1 CARTES DE DÉFOLIATION

La carte de défoliation annuelle pour le Canada, à la base des cartes d'historique, décrit toutes les régions où les insectes sont en période active d'alimentation, c'est-à-dire où l'infestation est suffisante pour provoquer une « décoloration marquée », visible d'un aéronef, des nouvelles pousses de sapin beaumier ou d'épinette des arbres hôtes. La décoloration est attribuable à la couleur brune des feuilles endommagées et aux débris qui sont pris dans la soie tissée par les larves de la tordeuse autour de leur point d'alimentation. D'une façon générale, la décoloration visible pour un observateur à bord d'un aéronef représente des taux de défoliation qui dépassent 25 à 35 % du feuillage des nouvelles pousses, taux élevé de dommages qui signifie une défoliation modérée à grave. Certaines régions, ou leurs équivalents provinciaux, exigent que les dommages soient classés en trois catégories ou plus. Cette exigence ne présente aucun problème au niveau national, pourvu que les régions de défoliation modérée à grave puissent être séparées pour figurer sur la carte nationale. Toutefois, la création d'une catégorie de dommages légers à modérés, par exemple, serait peu pratique parce que les régions où la défoliation est modérée à grave ne pourraient plus être identifiées.

En général, les cartes de défoliation sont considérées comme synonymes de cartes « d'infestation » si l'infestation était suffisante durant une certaine période de la saison de croissance pour causer les dommages observés. D'après les conclusions d'une étude de deux ans effectuée au Minnesota par Heller et Schmiege (1962), les taux de défoliation peuvent être utilisés comme indice général des populations de larves. L'expérience à long terme, néanmoins, montre que les

cartes de défoliation donnent des renseignements imprécis sur les taux de population à n'importe quel stade de développement donné.

Rien ne porte à croire ici que la classification des zones boisées selon un degré de défoliation ne pose pas de problème. La reconnaissance des imperfections au niveau de l'utilisation des cartes de défoliation pour illustrer la dynamique de l'infestation représente plutôt le début de la compréhension tant des limites que de la valeur de celles-ci.

Au-delà de la double tâche de suivre l'emplacement sur le terrain et d'indiquer sur les cartes les catégories de dommages, les techniciens doivent être constamment attentifs à éliminer les autres formes de décoloration, ou, ce qui est parfois plus difficile, ils doivent s'occuper de faire la part des divers types de dommages. L'établissement des cartes préliminaires de défoliation est effectué en général pendant le mois de juillet, mais le début réel des opérations dépend de l'évolution des symptômes. La responsabilité de l'interprétation de l'état des dommages sur une zone importante doit également être laissée en grande partie à l'observateur parce qu'il est impossible d'obtenir une supervision ou de l'aide pendant les périodes critiques quand toute l'aide technique disponible est pleinement utilisée. À cause de la nature transitoire de la défoliation et parce que les heures de vol sont limitées, les cartes de défoliation ont tendance à être définitives et non reproductibles. Il arrive parfois que, lorsqu'il y a des urgences à cause des incendies de forêt, l'obtention d'aéronefs est incertaine et les vols peuvent être écourtés ou annulés. Ce travail exige un niveau de concentration exceptionnellement élevé pendant des périodes prolongées de vol même si, en général, le temps pendant lequel la cartographie peut être effectuée est limité.

Figure 4. Préparation des plans de vol.

3.2 CARTES DE MORTALITÉ

Les cartes de mortalité annuelle sont des instantanés de l'étendue de la mortalité pour une année donnée. La cartographie de la mortalité dans les peuplements relève plus de l'art que de la science parce qu'elle est basée sur divers critères subjectifs dont a) le degré de défoliation cumulative évident pour différentes essences d'arbres hôtes, b) l'intensité de la destruction des cimes des arbres et c) la ressemblance au niveau des couleurs et des caractéristiques à d'autres peuplements d'arbres contenant des arbres morts. Divers autres indices de la mortalité sont aussi utilisés. La plupart des cartes préliminaires de mortalité sont établies en même temps que des cartes de défoliation, en partie parce que dans les régions d'infestation chaque arbre mort peut être en général différencié des arbres vivants par l'absence de nouvelles pousses et la décoloration connexe associée à la destruction par les insectes.

Du point de vue national, les cartes de mortalité annuelle décrivent les régions du Canada dans lesquelles on peut observer la mortalité des arbres. Des renseignements plus détaillés sur le degré de mortalité et du taux de mortalité, de même que sur la progression de la mortalité au niveau des différentes essences d'arbre, sont basés sur des besoins et des priorités régionales et leur portée est donc régionale.

4. PROBLÈMES ASSOCIÉS À LA CARTOGRAPHIE AÉRIENNE DES DOMMAGES ET RECOMMANDATIONS

Des cartes régionales de dommages ont paru régulièrement chaque année avec des zones distinctes de dommages illustrées par des couleurs différentes selon les catégories de dommages. Des cartes figurent également dans le rapport annuel du Relevé des insectes et des maladies des arbres, dans les rapports d'information décrivant les conditions des ravageurs dans les régions et moins fréquemment sous forme de cartes d'historique. Grâce à cette masse régulière de renseignements, on suppose souvent à tort que la cartographie des dommages est simple et directe et que les cartes sont une représentation presque parfaite de la réalité. Aucune de ces hypothèses n'est vraie, bien que peu de problèmes associés aux cartes nationales de dommages aient été adéquatement traités. Les problèmes liés à la planification et à la mise en oeuvre des relevés, ainsi qu'à la diffusion des résultats, ont été traités en grande partie au niveau régional en collaboration avec les représentants provinciaux. Les groupes régionaux du RIMA continuent de mettre l'accent sur la justesse de l'interprétation et la précision. Onze problèmes d'importance nationale sont traités ci-dessous avec les recommandations: trois ont trait aux cartes de défoliation, trois sont associés aux cartes de mortalité et cinq sont communs aux cartes de défoliation et de mortalité.

4.1 PROBLÈMES EN RAPPORT AVEC LES CARTES DE DÉFOLIATION

L'étude et l'application de la dynamique de l'infestation sous forme de nouvelles stratégies de lutte ont été qualifiées d'urgentes (Fettes et Buckner, 1974). Une telle approche exigera l'établissement d'une série de cartes d'invasion améliorées et coordonnées couvrant toute la période de chaque épidémie et tout le territoire touché par le ravageur, c'est-à-dire de la Colombie-Britannique à Terre-Neuve.

4.1.1 LES INCERTITUDES D'UN DÉPISTAGE PRÉCOCE

Lorsqu'un peuplement d'arbres est envahi pour la première fois, les arbres hôtes, en particulier l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss), semblent surtout vert foncé lorsqu'ils sont vus du haut des airs à cause du complément important du vieux feuillage sain présent. Les dommages causés dans de petites zones par les tordeuses qui s'alimentent sur les arbres peuvent facilement passer inaperçus aux yeux d'un observateur inexpérimenté et, au mieux, ils sont difficiles à déceler par les observateurs plus expérimentés. Entre les épidémies, l'infestation a tendance à être limitée à de petites zones qui passent en grande partie inaperçues jusqu'à ce qu'il y ait une forme d'avertissement précoce, soit par observation sur le terrain ou par un échantillonnage spécial.

Dans les régions de l'est du Canada où l'évolution naturelle du cycle sapin baumier/tordeuse des bourgeons de l'épinette se poursuit sans interruption, des infestations tant petites que nouvelles doivent être décelées avant qu'elles aient une chance de se développer et de s'étendre. À mesure que la surveillance des petites populations s'améliore grâce à l'utilisation de pièges à phéromone (Sanders, 1978) et à mesure que l'on connaît mieux l'influence et l'importance des vols de papillons provenant d'infestations actives pendant le développement d'une épidémie, la valeur d'un dépistage précoce deviendra progressivement plus évidente.

Recommandation n° 2: Que des recherches soient entreprises en vue d'améliorer les moyens du Service canadien des forêts (SCF) de déceler et de caractériser les nouvelles infestations.

N.B.: Selon Waters *et al.* (1958), une défoliation légère dans les premiers stades de l'épidémie était plus difficile à déceler sur film, au moyen de la photographie aérienne classique à grande échelle, que par

observation directe. Jusqu'à maintenant, les images obtenues par satellite se sont avérées peu utiles à cet effet, principalement parce que l'échelle est trop petite.

4.1.2 CAUSES CONTRADICTOIRES DE DÉCOLORATION

Au début de l'été, divers agents sont responsables de la décoloration des sapins baumiers et des épinettes, qu'il est facile de confondre avec les dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui s'alimente sur ces arbres. Des observateurs ordinaires ont eu des problèmes avec (a) les dommages causés par la gelée, (b) une floraison importante, (c) les cônes de l'année précédente sur l'épinette blanche, (d) la rouille des aiguilles d'épinette (*Chrysomyxa* spp.) et (e) les dommages causés par d'autres insectes défoliateurs qui se nourrissent de ces arbres.

Le sapin baumier est endommagé par des gelées printanières qui surviennent après l'apparition du nouveau feuillage. Au printemps, des températures froides accompagnées de neige et de gel ont presque complètement détruit les nouvelles pousses (Sippell *et al.*, 1973). Pourtant, il est possible que ces cas ne soient pas aussi difficiles à traiter que des dommages moins graves causés par la gelée combinés à des dommages dus à à défoliation et qui apparaissent en proportions différentes selon l'arbre hôte et l'altitude (Blais, 1981; Howse *et al.*, 1982).

La présence de fleurs, de cônes et de rouille sur les aiguilles des arbres hôtes pendant la cartographie aérienne peut habituellement être déterminée par les personnes qui ont déjà observé ces conditions au préalable sur le terrain dans toute la zone à cartographier. Toutefois, lorsque des observateurs ne sont pas familiers avec la « réalité de terrain », ou en de rares années où la floraison et la production de cônes sont sporadiques, ces conditions peuvent engendrer beaucoup de confusion et d'incertitude.

La défoliation causée par d'autres insectes défoliateurs crée effectivement des problèmes. Des observateurs à bord d'un aéronef peuvent identifier la décoloration causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette qu'ils connaissent bien; mais lorsque deux types ou plus de dommages causés par les insectes qui s'alimentent sur les arbres apparaissent simultanément en différentes proportions, l'établissement des cartes préliminaires peut devenir compliqué et ardu. Raske et Clark (1982) ont cité un exemple de dommages causés à l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) dans différentes régions de Terre-Neuve attribués à des populations mélangées de tordeuses des bourgeons de l'épinette et de pyrales des cônes de l'épinette (*Dioryctria reniculelloides* Mut. & Mun.) Il est particulièrement important de savoir si, en plus de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, d'autres espèces d'insectes sont présentes lorsqu'une nouvelle défoliation est décelée pour la première fois. Il est possible qu'un ou plusieurs lépidoptères défoliateurs en soient responsables (Lindquist, 1982).

Recommandation n° 3: Que chaque année tous les observateurs puissent voir sur place les symptômes d'une infestation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et les types de dommages avec lesquels ceux-ci peuvent être confondus dans toute la région cartographiée.

4.1.3 CARTOGRAPHIE D'UNE INFESTATION EN DÉCLIN

Ici aussi, à la fin de l'évolution d'une épidémie, lorsque la défoliation en cours recouvre un fond gris, les dommages causés par les insectes qui s'alimentent sur les arbres sont plus difficiles à évaluer. La « phase grise » résulte d'une défoliation cumulative, alors que la couleur grise de l'écorce du sapin baumier est plus proéminente que la couleur verte du feuillage. D'autres facteurs contribuent également à cette situation: (a) la présence de cimes mortes, (b) une répartition

sporadique et inégale de la défoliation pendant la fin de l'infestation et (c) des quantités réduites de nouvelles feuilles.

Il est important de reconnaître que les problèmes d'établissement de cartes préliminaires peuvent être déroutants et très difficiles à résoudre pour de nouveaux observateurs, alors qu'on peut compter plus souvent sur les observateurs expérimentés pour indiquer qu'il faut obtenir l'aide d'autres personnes pour résoudre des problèmes complexes d'interprétation. En outre, les cartes préliminaires de défoliation sont de plus en plus difficiles à établir avec le prolongement de l'infestation et, dans le cas d'infestations anciennes, les observateurs ont tendance à redéfinir les catégories de dommages utilisées habituellement.

Ces difficultés doivent être résolues parce que la zone de défoliation demeure l'une des expressions quantitatives les plus sûres et les meilleures d'une modification générale de l'infestation avec le temps (Meating *et al.*, 1982; Lachance et Benoit, 1982; Moody *et al.*, 1982).

Recommandation n° 4: Que pour les fins d'uniformité de la cartographie de la défoliation les observateurs, suivant leur formation, limitent leurs évaluations aux symptômes de défoliation de l'année en cours, gardent les catégories de dommages modérés et graves distinctes de la catégorie de défoliation légère et, lorsque des conditions déroutantes se présentent, cherchent de l'aide pour l'établissement de cartes, de telle sorte qu'on puisse s'entendre sur les méthodes à suivre.

4.2 PROBLÈMES EN RAPPORT AVEC LES CARTES DE MORTALITÉ

L'établissement de cartes de mortalité plus précises et plus complètes conduirait à de meilleures prévisions de la mortalité des peuplements pour des périodes pouvant atteindre cinq ans (objectif A, PMO LCTBE) et à

de meilleures recommandations à l'industrie et aux organismes provinciaux sur les possibilités de coupes de récupération ou de prérécupération. La méthode d'amélioration la plus directe est la résolution des problèmes connus.

4.2.1 IDENTIFICATION DES ARBRES MORTS DANS DES PEUPLEMENTS GRAVEMENT ENDOMMAGÉS

La couleur générale des peuplements atteints de défoliation cumulative grave a été décrite de diverses façons, par exemple gris olive puis gris acier (Kettela *et al.*, 1977). Toutefois, le problème le plus difficile à résoudre en matière de cartographie aérienne de la mortalité est de faire la différence entre les arbres morts et les arbres vivants dans des peuplements affaiblis. Les symptômes de mortalité peuvent être plus accentués dans une région du Canada que dans une autre, et certaines unités du RIMA semblent persuadées de pouvoir classer la mortalité du sapin baumier par quartile, c'est-à-dire de 1 à 25 %, de 26 à 50 %, de 51 à 75 % et plus de 75 % alors que d'autres unités ne le font pas. Dans le dernier cas, les observateurs sont persuadés de pouvoir identifier d'en haut les régions dans lesquelles la mortalité a commencé, mais en réalité ils ont des difficultés à évaluer avec précision le degré de mortalité. Pour évaluer le degré de mortalité (intensité) et la fluctuation de la mortalité d'une année à l'autre (taux de mortalité), ils ont eu recours à des techniques d'échantillonnage terrestre pendant plusieurs années successives et à des endroits précis. Les procédés varient donc d'une région à l'autre. Les données actuellement compilées par région s'apparentent étroitement aux renseignements considérés comme de haute priorité par les autorités forestières concernées. Les recommandations ci-dessous ont été formulées:

Recommandation n° 5: Qu'on mette l'accent sur les cartes de mortalité pour identifier les zones dans lesquelles la mortalité des arbres a commencé.

Recommandation n° 6: Que les rapports entre le début de la mortalité et les antécédents de l'infestation soient suivis et étudiés par région pour améliorer nos capacités de prédire les répercussions.

Recommandation n° 7: Que les données sur la mortalité soient compilées d'une manière compatible avec celle utilisée pour les systèmes provinciaux d'inventaire en vue de déterminer les pertes futures attribuables aux ravageurs.

4.2.2 EXIGENCES DE LA GESTION FORESTIÈRE ET DE L'INDUSTRIE FORESTIÈRE

D'autres problèmes ont trait aux exigences croissantes de la gestion forestière, de l'industrie forestière et des propriétaires privés destinées à gérer le plus intelligemment possible les répercussions de l'infestation. Pour ce qui est des décisions relatives à la récolte, il faut obtenir des renseignements détaillés sur le degré et le taux de mortalité actuels. Pour les épidémies importantes, l'obtention de ce genre de renseignements pour des régions assez grandes dépasse de plus en plus la capacité du RIMA. Au début, des tracés de mortalité étaient établis et la progression de la mortalité était suivie par des équipes de recherche des CRF parce qu'on ne disposait pas de données quantitatives fiables sur les répercussions (par exemple Elliott, 1960). Dans le cas de l'épidémie actuelle cependant, des renseignements détaillés sur la mortalité dans des unités de gestion données ont été obtenus en général par la province ou l'industrie forestière qui en a fait la demande. Cet état de fait a créé des problèmes à cause du manque d'expérience et d'une mauvaise interprétation. Indiscutablement, on a perdu des occasions de préserver la forêt en effectuant des coupes de prérécupération et de récupération de peuplements d'arbres attaqués ou décimés. À l'avenir, les responsables de la gestion forestière et de l'industrie forestière devront donner à contrat l'évaluation de l'état des peuplements dans les étendues de forêts fortement endommagées par une forme quelconque de

télédétection. Mais en plus de fournir des connaissances approfondies sur l'état des ravageurs à l'échelle locale et nationale, le SCF doit fournir, à titre consultatif, des conseils de nature entomologique sur l'interprétation et les méthodes ayant trait à la mesure des zones de répercussions dans lesquelles des activités forestières se déroulent.

Recommandation n°8: Que dans chaque centre de recherche forestière (CRF), un petit groupe de personnes comprenant un spécialiste et un ou plusieurs techniciens soient désignées pour se spécialiser dans l'application de méthodes de télédétection afin d'obtenir des relevés détaillés de la mortalité et de mettre ces techniques à la disposition des responsables de la gestion forestière et de l'industrie forestière, qui pourraient ensuite donner à contrat les mesures de la mortalité.

4.2.3 DURÉE DE L'ÉTABLISSEMENT DES CARTES DE MORTALITÉ

Il est possible qu'au niveau régional des différences de perception du moment où les CRF devraient cesser d'établir des cartes de mortalité pendant le déclin d'une épidémie entraînent des désaccords au niveau de l'élaboration des cartes d'historique.

La mortalité des arbres attribuée directement aux activités de la tordeuse des bourgeons de l'épinette est caractérisée par une défoliation cumulative grave au moment de la mort (par exemple des sapins baumiers gris et presque sans aiguilles). Toutefois, les arbres qui survivent à l'impact principal de l'infestation mais qui succombent dans les années qui suivent portent un complément de feuillage qui vire au rouge brique au moment de la mort. Ce deuxième type de mortalité est manifestement distinct de l'autre en apparence et est attribuable davantage à d'autres parasites pour lesquels la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette peut être un facteur prédisposant.

Figure 7. Mortalité des arbres consécutive à la fin de l'infestation.

Les exigences régionales pour les cartes de mortalité varient et, à l'occasion, peuvent être influencées par l'apparition et l'importance perçue d'urgences d'ordre entomologique. Toutefois, il existe une responsabilité nationale claire (SCF) qu'il faut respecter, peu importe les pressions extérieures exercées sur les CRF, pour engager des fonds pour régler les cas d'urgence.

Recommandation n° 9: Que tous les CRF établissent chaque année des cartes préliminaires montrant les zones dans lesquelles la tordeuse des bourgeons de l'épinette détruit des arbres tant et aussi longtemps que de nouvelles zones de mortalité apparaissent, et que les résultats soient coordonnés par le bureau national du Relevé des insectes et des maladies des arbres (RIMA) pour la publication de cartes nationales de mortalité précises, à jour et complètes.

4.3 PROBLÈMES COMMUNS AUX CARTES DE DÉFOLIATION ET DE MORTALITÉ

4.3.1 ZONES LIMITROPHES COMPATIBLES DE DOMMAGES CLASSÉS DE CHAQUE CÔTÉ DE LIMITES DE JURIDICTION

Bien que les cartes de dommages soient une représentation imparfaite des conditions existantes, l'importance de la subjectivité est rarement aussi évidente que lorsque des observateurs d'équipes régionales comparent au niveau interne les résultats du dressage des différentes cartes pour les rendre compatibles. Des zones limitrophes peu compatibles semblent même être très communes le long des frontières provinciales lorsque des cartes provinciales de dommages sont utilisées pour dresser une carte nationale. Lorsque les écarts sont importants, les zones frontières pour lesquelles il existe des incertitudes sont survolées de nouveau habituellement par les superviseurs régionaux, un de chaque CRF, et des vérifications au sol sont effectuées au besoin jusqu'à ce

qu'il y ait consensus. De même, il y a des consultations entre les représentants du RIMA au Canada et les représentants fédéraux ou des États-Unis dans le cas des états limitrophes des États-Unis (par exemple entre le Nouveau-Brunswick et le Maine, ou entre l'Ontario et le Minnesota). Malgré ces dispositions, les cartes de dommages peuvent montrer ce qui semble être des différences d'interprétation, dont la plupart s'avèrent des différences sérieuses attribuables aux divers types d'utilisation des terres de part et d'autre de la frontière. Les vraies différences sont en général facilement conciliées et modifiées lorsque les responsables se rencontrent et discutent du problème sur place.

Recommandation n° 10: Que chaque CRF au Canada entreprenne chaque année de coordonner les résultats signalés sur des cartes par l'échange de cartes provisoires de défoliation et de mortalité avec les régions adjacentes.

Recommandation n° 11: Que chaque CRF prenne l'initiative de résoudre les différences apparentes d'interprétation des dommages, tant dans les régions qu'entre les régions, avant que les cartes définitives soient publiées dans les régions ou présentées à l'administration du SCF pour inclusion dans des séries nationales.

Recommandation n° 12: Que les futures cartes d'historique des épidémies soient préparées par le Bureau du directeur du RIMA à Ottawa.

4.3.2 CARTES DES DOMMAGES DANS LES FORÊTS PROTÉGÉES

Certains organismes de gestion forestière ont considéré que le fait de signaler les cas de défoliation et de mortalité dans les forêts traitées pouvait nuire à l'évaluation objective des résultats des pulvérisations.

Il est bien connu que le phénomène de défoliation existe souvent dans les régions traitées et que, à long terme, on peut s'attendre à ce qu'une certaine mortalité des arbres soit associée à différents régimes de pulvérisation. Les autorités provinciales devraient dont être informées des résultats des inventaires bien avant leur publication.

Recommandation n° 13: Que chaque CRF transmette aux autorités provinciales de sa province respective, sur une base régionale, des renseignements sur les dommages signalés dans les forêts protégées avant que les cartes définitives soient établies.

4.3.3 COORDINATION DES RÉSULTATS DE LA CARTOGRAPHIE

La coordination de la cartographie des résultats s'est révélée difficile lorsque les autorités provinciales ont accepté d'assumer la responsabilité des cartes préliminaires des dommages dans une partie d'un territoire. Lorsque cela s'est produit, l'interprétation des catégories de dommages a été modifiée en faveur d'informations considérées comme étant d'une plus grande valeur immédiate pour les initiatives et les besoins provinciaux. Ces modifications peuvent entraîner des lacunes réelles le long des frontières provinciales, lacunes dont certaines, malheureusement, demeurent en partie non résolues (Sterner et Davidson, 1982). En pratique, cette tendance menace l'élaboration des futures cartes de dommages qui doivent être uniformes entre les provinces et favoriser la perspective nationale d'offrir une vue d'ensemble à jour pouvant servir de base pour des recherches entomologiques utiles et pour l'application des résultats des recherches.

Recommandation n° 14: Dans les régions du SCF où les ministères provinciaux sont responsables de toutes les cartes, que le CRF favorise chaque fois que cela est possible les consultations touchant à tous les aspects de la cartographie, y compris l'interprétation des résultats, afin d'améliorer la compatibilité des cartes de résultats à l'échelle nationale.

4.3.4 CARTES DES DOMMAGES DANS LES TYPES DE COUVERT FORESTIER À FAIBLE VULNÉRABILITÉ

La cartographie des dommages dans les types de couvert forestier ayant une faible composante d'arbres hôtes a été abordée différemment dans les divers territoires. Malgré l'importance accrue, mais en grande partie non annoncée, accordée au dépistage précoce, à la précision et à la totalité de la couverture, la tendance des inventaires aériens des dernières années a été d'inclure dans les cartes tous les types de couvert forestier dans lesquels on trouve des arbres hôtes — malgré les grandes différences du degré de vulnérabilité tel qu'il est décrit et quantifié par Blais et Archambault (1982) — en s'appuyant sur les volumes commerciaux des hôtes, le pourcentage de sapins matures et le climat. Cette plus grande couverture a contribué et continue de contribuer substantiellement à notre compréhension de la dynamique des infestations et de leurs répercussions.

Recommandation n° 15: Que toutes les régions boisées dans lesquelles on observe des dommages soient cartographiées et que l'état des arbres hôtes soit le seul critère pour désigner les zones de défoliation et de mortalité.

4.3.5 RESPONSABILITÉS FUTURES POUR LA CARTOGRAPHIE DES DOMMAGES

Un autre problème reconnu concerne l'avenir de la cartographie des dommages au Canada et peut être exprimé ainsi: que peut-on faire de plus pour veiller à ce qu'on maintienne à l'avenir de façon permanente la production de ces indispensables séries de cartes de dommages annuels, même durant les périodes d'accalmie, alors qu'elles permettent d'obtenir des renseignements d'une très grande valeur scientifique? La recommandation suivante est proposée:

Recommandation n° 16: Que des compétences pour le dressage des cartes de dommages forestiers soient maintenues ou développées dans tous les CRF, en tenant compte des recherches permettant le maintien d'un leadership national en matière de dépistage et de déclaration des dommages sur une base continue et à long terme, tant en période de crise qu'en période d'accalmie.

5. BIBLIOGRAPHIE

Ashley, M.D.; Rea, J.; Wright, L. 1976. Spruce budworm damage evaluations using aerial photography. Photogram. Eng. Rem. Sens. 42(10): 1265-1272.

Beaubien, J. 1975. High altitude color I.–R. photographs for evaluating spruce budworm damage in Quebec. Proc. Third Can. Symp. on Remote Sensing, Banff, Alberta.

Blais, J.R. 1961. Effets des gelées printanières tardives en 1960 sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette et ses arbres hôtes dans les parcs des Laurentides au Québec. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.) Revue rech. SCF 2(2) 10-11.

Blais, J.R.; Archambault, L. 1982. Vulnérabilité du sapin baumier aux attaques des tordeuses des bourgeons de l'épinette du Québec. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ste-Foy (Qc). Rapp. inf. LAU-X-51. 19 p.

Brown, C.E. 1970. Cartes montrant les infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clem.), dans l'est du Canada, de 1936 à 1966. Environ. Can., Serv. can. forêts. Ottawa (Ont.) Publ. 1263. 4 p.

De Gryse, J.J. 1947. Insectes nuisibles à la forêt et moyens de les combattre. Annuaire du Canada 1947. P. 389-400.

Dorais, L.; Kettela, E.G. 1982. Revue, par région, des techniques d'inventaire entomologique et d'évaluation des programmes de pulvérisation à grande échelle contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clem.). Conseil de l'est de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Min. Énergie et Ressources, Québec. 43 p.

Elliott. K.R. 1960. A history of recent infestations of the spruce budworm in northwestern Ontario and estimate timber losses. For. Chron. 36:61-82.

Fettes, J.J.; Buckner, C.H. 1976. Historical sketch of the philosophy of spruce budworm control in Canada. P. 57-80 *in* Misc. Publ. No. 1327 USDA For. Serv., Washington, D.C.

Harris, J.W.E.; Dawson, A.F. 1979. Evaluation of aerial forest pest damage survey techniques in British Columbia. Environ. Can., Serv. can. forêts, Victoria (C.-B.) Inf. Rep. BC–X–198. 22 p.

Heller, R.C.; Schmiege, D.C. 1962. Aerial survey techniques for the spruce budworm in the Lake States. J. For. 30:525-532.

Howse, G.M.; Syme, P.D.; Groes, H.L. 1982. Région de l'Ontario. P. 39-53, *in* Relevé des insectes et des maladies des arbres — Rapport annuel de 1978. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.) 40 p.

Kettela, E.G. 1982. Results of aerial surveys for current spruce budworm defoliation in New Brunswick and a review of the methodology. Environ. Can., Serv. can. forêts, Fredericton (N.-B.) Tech. Note 66. 8 p.

Kettela, E.G. 1983. Historique en cartes de la défoliation causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est de l'Amérique du Nord de 1967 à 1981. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.) Rapp. inf. DPC-X-14.

Kettela, E.G.; Easton, R.W.; Craig, M.B.; van Raalte, G.D. 1977. Results of spray operations against spruce budworm in New Brunswick 1977 and a forecast of conditions in the Maritimes for 1978. Environ. Can., Serv. can. forêts, Fredericton (N.-B.) Inf. Rep. M-X-81. 35 p.

Lachance, D.; Benoit, P. 1982. Région du Québec. P. 29-37 *in* Relevé des insectes et des maladies des arbres – Rapport annuel de 1978. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.) 40 p.

Lindquist, O.H. 1982. Clés d'identification des larves de lépidoptères apparentées à la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.) 18 p.

Meating, J.; Lawrence, H.D.; Howse, G.M.; Carrow, J.R. 1982. The 1981 spruce budworm situation in Ontario. Environ. Can., Serv. can. forêts, Sault-Ste-Marie (Ont.) Inf. Rep. 0-X-343. 92 p.

Ministère de l'Agriculture du Canada. 1959. The insect survey in 1936. P. 1 *in* Annual Reports of the Forest Insect Survey 1936, 1937 and 1938. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.)

Moody, B.H.; Singh, P.; Clark, L.J. 1982. Région de Terre-Neuve. P. 9-16 *in* Relevé des insectes et des maladies des arbres – Rapport annuel de 1978. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.) 40 p.

Raske, A.G.; Clark, L.J. 1982. The status of the spruce budworm in Newfoundland in 1980. Environ. Can., Serv. can. forêts, St-Jean (T.-N.) Inf. Rep. N-X-208. 40 p.

Sanders, C.J. 1978. Evaluation of sex attractant traps for monitoring spruce budworm populations. Can. Entomol. 110: 43-50.

Sippell, W.L.; Gross, H.L.; Rose, A.H. 1973. Région de l'Ontario. P. 54-73 *in* Relevé des insectes et des maladies des arbres – Rapport annuel de 1972. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.)

Sippell, W.L. 1980. Outline report of the spruce budworm working group, FIDS implementation Plan and A-4 and A-5 of Spruce Budworm Implementation Plan. Environ. Can., Serv. can. forêts, Sault-Ste-Marie (Ont.) Rapp. inédit. 15 p.

Sterner, T.E.; Davidson, A.G.; compil. 1982. Insectes et maladies des arbres au Canada, 1981. Environ. Can., Serv. can. forêts, Ottawa (Ont.) 46 p.

Swaine, J.M.; Craighead, F.C. 1924. Studies on the spruce budworm Part I. Dep. Agric., Ottawa, Ont. Bull. No. 37, New Ser. 91 p.

Waters, W.E.; Heller, R.C.; Bean, J.L. 1958. Aerial appraisal of damage by spruce budworm. J. For. 56: 269-276.

Webb, F.E.; Blais, J.R.; Nash, R.W. 1961. A cartographic history of spruce budworm outbreaks and aerial forest spraying in the Atlantic Region of North America, 1949-1959. Can. Entomol. 93:360-379.

Environment Canada Environnement Canada

2028316H

C3 JF